Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.
Mathematisk-fysiske Meddelelser. **VIII**, 4.

DEN HØJERE ATMOSFÆRES SAMMENSÆTNING, TRYK, TEMPERATUR OG ELEKTRISKE LEDNINGSEVNE I BELYSNING AF RADIOBØLGERNES UDBREDELSESFORHOLD

AF

P. O. PEDERSEN

KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1927

Pris: Kr. 0,60.

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs videnskabelige Meddelelser udkommer fra 1917 indtil videre i følgende Rækker:

Historisk-filologiske Meddelelser,
Filosofiske Meddelelser,
Mathematisk-fysiske Meddelelser,
Biologiske Meddelelser.

Hele Bind af disse Rækker sælges 25 pCt. billigere end Summen af Bogladepriserne for de enkelte Hefter.

Selskabets Hovedkommissionær er *Andr. Fred. Høst & Søn*, Kgl. Hof-Boghandel, København.

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.
Mathematisk-fysiske Meddelelser. **VIII,** 4.

DEN HØJERE ATMOSFÆRES SAMMENSÆTNING, TRYK, TEMPERATUR OG ELEKTRISKE LEDNINGSEVNE I BELYSNING AF RADIOBØLGERNES UDBREDELSESFORHOLD

AF

P. O. PEDERSEN

KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1927

I Løbet af det sidste Par Aar har Forfatteren foretaget nogle teoretiske Undersøgelser vedrørende Radiobølgers Udbredelse, og Resultaterne af disse Undersøgelser er i Mellemtiden samlede i en Bog, samt i nogle Tidsskriftsartikler, der nærmere uddyber nogle af de radiotekniske Konsekvenser [1]. Enkelte af de vundne Resultater kan formentlig have Interesse ud over Radioteknikernes Kreds, men da Bogen og de nævnte Tidsskriftartikler i Hovedsagen er skrevet ud fra et radioteknisk Synspunkt, saa findes de Strejflys, som Undersøgelsen kaster over Problemer fra Meteorologien og Geofysikken, spredt over de nævnte Publikationer. Det er saaledes ikke helt let alene paa Grundlag af disse at danne sig et Overblik over Undersøgelsens mulige Betydning for de nævnte Videnskaber. Det kan derfor formentlig være rimeligt ganske kort at gøre Rede for disse Forhold samtidig med, at der fremføres enkelte nye Momenter.

Erfaringen har vist, at korte Bølger, omkring 15 til 20 m, kan gaa Jorden een, ja endog to eller endnu flere Gange rundt og dog modtages med betydelig Intensitet [2]. Det

[1] »The Propagation of Radio Waves«, København 1927, citeret som »P. R. W.«
»Ingeniøren« Nr. 9, p. 101—104. 1927.
»Radio Posten« Nr. 1, p. 5—7, Nr. 2, p. 5—6. 1927.
»Radio Magasinet« Nr. 3, p. 155—159, Nr. 4, p. 227—232. 1927.
»Radiofoni Aarbogen«. 1927.

[2] E. Quäck: »E. N. T.« Bd. 4, p. 308—312. 1927. Meddelelsen om, at det er lykkedes at paavise Radiobølger, der har gaaet to Gange rundt

drejer sig følgelig om Transmissionsafstande paa 40 000 til 80 000 km og derover.

Det er let at paavise, at denne Udbredelse af Radiobølgerne hverken kan ske gennem Jorden eller direkte langs dennes Overflade [1]. Tilbage staar kun den Mulighed, at Bølgeudbredelsen sker ved Hjælp af og igennem Atmosfæren, og her maa det i særlig Grad være den højere Atmosfære, der spiller ind. Denne maa nødvendigvis virke som en Art »Skal«, der i hvert Fald til en vis Grad holder sammen paa Radiobølgerne og hindrer disses fuldstændige Udstraaling til Verdensrummet.

Denne Skals Højde over Jordens Overflade ligger mellem 100 og 160 km [2]; men vi kommer senere tilbage til Bestemmelsen af denne Højde.

Hovedspørgsmaalet er nu:

1) Foregaar Bølgeudbredelsen paa den Maade, at Bølgestraalerne fra Jordens Overflade gaar op til »Skallen« og enten reflekteres fra eller brydes i denne, saaledes at de atter vender tilbage til Jordens Overflade, fra hvilken de igen reflekteres; hvorefter den samme Proces gentages en Række Gange, idet hvert enkelt af disse »Skridt«, som Bølgestraalen saaledes kan tage, kun vilde have en Længde paa omkring 1000 til 2000 km? I dette Tilfælde vil kun en mindre Del af Straalens Bane ligge i den højere Atmosfære.

2) Eller tager Bølgestraalerne kun et enkelt eller nogle faa Skridt? I dette Tilfælde vil den allerstørste Del af

om Jorden, er først fremkommen efter Afslutningen af »P. R. W.«, men den bekræfter og understreger kun yderligere Berettigelsen af de der dragne Slutninger med Hensyn til Bølgernes maksimale Dæmpningskonstant.

[1] »P. R. W.« p. 20 (Fig. 4) og p. 189; »Radio Posten« Nr. 1.

[2] De følgende Betragtninger gælder derfor i Hovedsagen ogsaa kun Atmosfærens Tilstand op til ca. 200 km. Højde.

Straalens Bane komme til at ligge i den højere Atmosfære, idet Bølgestraalen paa den allerstørste Del af Vejen følger »Skallen«.

Det kan nu paavises, at det gennemsnitlige Energitab[1] ved en enkelt Reflektion af de korte Bølger fra Jordens Overflade ikke kan sættes til mindre end 75 %, og i mange Tilfælde endda vil overstige 90 %, saaledes at den reflekterede Straale kun har indtil 10 til 25 % af den indfaldende Straales Energi. Men naar dette er Tilfældet, ser man let, at Bølgernes Udbredelse over de meget lange Afstande ikke kan ske gennem mange, forholdsvis korte Skridt[2]. Jeg skal belyse dette ved et Taleksempel: Hvis Bølgen tog 2000 km lange Skridt og gik Jorden to Gange rundt, saa medgik dertil ialt 40 Skridt. Ved disse 40 Reflektioner vilde Bølgernes Energi formindskes til $1 \cdot 10^{-24}$ af den oprindelige Energi, naar Tabet ved hver Reflektion var 75 %, og til $1 \cdot 10^{-40}$, hvis Tabet var 90 %. Men selv den første af disse Svækkelser er mere end 10^{15} Gange for stor. De korte Bølger maa nødvendigvis tage de store Afstande i et enkelt eller højst i nogle faa Skridt.

Radiobølgerne maa derfor den allerstørste Del af Vejen bevæge sig i den højere Atmosfære i Skallens Højde og praktisk talt parallelt med Jordens Overflade.

Naar dette er slaaet fast, kan man uden Vanskelighed angive en højere Grænse for Bølgernes Dæmpning under deres Udbredelse i denne Del af Atmosfæren. Denne

[1] Hvortil ogsaa regnes det Energitab, der fremkommer ved, at en Del af den reflekterede Straaleenergi har en saadan Retning, at den gaar tabt til Verdensrummet.

[2] »P. R. W.« p. 194—200. »Radio Magasinet« Nr. 3 og 4.

Dæmpning kan skrives paa Formen

$$\varepsilon^{-\gamma_0 x}, \tag{1}$$

hvor x er den af Bølgen gennemløbne Vej, og hvor Dæmpningskonstanten γ_0 for de her betragtede korte Bølger og for Højder over 100 km med tilstrækkelig Tilnærmelse er bestemt ved

$$\gamma_0 = k_0 \nu, \tag{2}$$

hvor k_0 er en Konstant, der bl. a. paa kendt Maade[1] afhænger af Tætheden af de fri Elektroner og af Bølgelængden, medens ν er det Antal Stød, som en Elektron i Gennemsnit lider per Sekund.

Her kan man, som nævnt, fastslaa en Maksimumsværdi for γ_0 [2] og en Minimumsværdi for k_0 [3]. Ligning (2) giver saaledes ogsaa en Maksimumsværdi for Stødtallet ν.

Men her møder man en Vanskelighed, som vi maa betragte lidt nærmere.

Regner man, at der i den nederste Del af Atmosfæren foregaar en fuldstændig Blanding af de enkelte Luftarter op til 12 km, medens en saadan Blanding ikke finder Sted over denne Højde, og regner man samtidig, at Temperaturen her er gaaet ned til —55° C. = ca. 220° K. og holder sig paa dette Punkt i hele Resten af Atmosfæren, saa kan man for enhver Højde over Jorden let udregne Partialtrykket for hver enkelt af de Luftarter, der indgaar i Atmosfæren.

Af disse Luftarter har kun Kvælstof, Ilt, Helium, Brint

[1] »P. R. W.«, p. 214.

[2] »P. R. W.«, p. 205.

[3] Ifølge »P. R. W.«, p. 214, Formel (48) er $k_0 = N \cdot \frac{2\pi e^2}{m c n_0 \omega^2}$, hvor e, m, c, n_0, ω er kendte Konstanter, medens N er Antallet af fri Elektroner per cm^3. Som vist »P. R. W.« p. 179—182 kan man paa Grundlag af de korte Bølgers Udbredelsesforhold angive en lavere Grænse for den maksimale Elektrontæthed N.

og Vanddamp Mulighed for at spille nogen større Rolle i Højder over 100 km. Vi vil imidlertid se bort baade fra Vanddamp og fra Brint. For den førstes Vedkommende fordi det kan forudses, at der ved den nævnte, lave Temperatur kun kan findes ubetydelige Mængder af Vanddamp i den højere Atmosfære.

For Brintens Vedkommende stiller Sagen sig noget anderledes, idet denne Luftart paa Grund af sin store Lethed vilde blive den dominerende Konstituent i den højeste Atmosfære, hvis der er et kendeligt Indhold af fri Brint ved Jordens Overflade, og der ikke skete et Tab af fri Brint i Atmosfæren, f. Eks. ved at den forenede sig med Ilt til Vanddamp (under Paavirkning af Lyset eller af elektriske Udladninger eller paa anden Maade), eller ved at den forsvandt ud til Verdensrummet. Brintindholdet ved Jordens Overflade angives sædvanligvis til 0.01 % ned til 0.001 % Vol.[1]; A. KROGH[2] har dog vist, at Indholdet af fri Brint i den nedre Atmosfære i hvert Fald ikke er over 0.0005 % og sandsynligvis mindre end 0.0002 %. Selv med det mindste af disse Tal vilde Brinten blive den væsentligste Bestanddel af Luften i 140 km Højde og derover. Vi vil indtil videre gaa ud fra, at Brintindholdet i den højere Atmosfære er lig med Nul. Berettigelsen af denne Antagelse vil fremgaa af det følgende.

Tilbage bliver da kun Kvælstof, Ilt og Helium, hvis Partialtryk og samlede Tryk vi under de angivne Forudsætninger let kan bestemme.

[1] A. WEGENER: Thermodynamik der Atmosphäre, anfører 0,003 % Brint, (p. 46). Leipzig 1911.
W. J. HUMPHREYS: Physics of the Air, anfører 0,01 % Brint, (p. 69). Philadelphia 1920.
HANN u. SÜRING: Lehrbuch der Meteorologie (4. Aufl.), anfører 0.001 %, (p. 5). Leipzig 1926.

[2] A. KROGH: Vid. Selsk. Math.-fys. Medd. I, Nr. 12. (1919).

Til Bestemmelse af Stødtallet ν for Elektronerne maa man kende dels Elektronernes gennemsnitlige Hastighed, dels den gennemsnitlige Længde af deres fri Vejlængde, idet Stødtallet ν er bestemt ved

$$\nu = \frac{\text{Hastighed}}{\text{fri Vejlængde}}. \tag{3}$$

Her kan Elektronernes gennemsnitlige Hastighed i hvert Fald ikke være mindre end den til —55° C. svarende termiske Hastighed. Indsætter vi denne termiske Hastighed i (3) og indsætter vi ligeledes Elektronernes fri Vejlængde bestemt paa Grundlag af Lufttrykket og under Hensyntagen til de ved de foreliggende Forsøg bestemte Værdier af Elektronernes fri Vejlængde i de tre nævnte Luftarter, saa viser det sig, at det ved (3) bestemte Stødtal er for stort, større end det er tilladeligt efter Formel (2). Med andre Ord, Bølgernes Dæmpning bliver herefter alt for stor.

Hvorledes kommer man udenom denne Vanskelighed?

Da den fri Vejlængde er omvendt proportional med Lufttrykket, og Stødtallet derfor ifølge (3) er ligefrem proportionalt med dette, saa vilde Vanskeligheden forsvinde, hvis Trykket paa en eller anden Maade var ca. 10 Gange mindre end antaget.

Denne Udvej støder formentlig paa uovervindelige Vanskeligheder: For det første vilde vi ikke komme saa langt ned med Trykket, selv om vi antog, at Blandingshøjden gik helt op til 20 km, og at Temperaturen i Stratosfæren gik helt ned til —100° C. = c. 175° K., og hertil kommer endda, at forskellige Ejendommeligheder ved Lydbølgers Udbredelse over store Afstande i Atmosfæren tyder paa, at der atter finder en ikke ubetydelig Temperaturstigning Sted i en Højde omkring 40 til 60 km, saaledes at den lave Temperatur af ca. —55° C. = ca. 220° K., som findes i

Tropopausen, maa vige for en højere Temperatur i de større Højder. Nyere Arbejder, bl. a. af Helge Petersen, tyder i samme Retning.[1]

Med Hensyn til Temperaturen i den højere Atmosfære synes Fantasien hidtil at have haft ret frit Spil, da selv smaa Ændringer i Forudsætningerne angaaende de fysiske Forhold fører til ret store Ændringer i den beregnede Temperatur. Saaledes er Lindemann og Dobson kommen til en Temperatur paa omkring 300° K. for Højder over 60 km; L. Vegard har tidligere sluttet sig hertil, men er senere gaaet over til den Opfattelse, at Temperaturen kun er ca. 35° K.

I »Propagation of Radio Waves« er der over 12 km regnet med ca. 220° K. Ændredes denne Forudsætning til, at Temperaturen over 60 km var 330° K., saa vilde Følgen blive, at »Skallens« Højde ved Dag vilde hæves fra omkring 130 til omkring 165 km. Denne Højde er, saa vidt Erfaringerne fra Radiobølgeomraadet rækker, noget for stor. Ogsaa Bølgernes Dæmpning vilde blive noget for stor. Alt i alt lader denne Forudsætning sig dog ikke helt afvise, og den vilde passe ret godt med Meteorerfaringerne. Derimod vilde Radiobølgeerfaringerne komme i afgjort Strid med Antagelsen af en endnu højere Temperatur i Atmosfæren, i hvert Fald for Højder under 150—200 km.

Der er iøvrigt næppe Tvivl om, at man i Løbet af kort Tid vil blive i Stand til ad Radiovejen at bestemme de ledende Lags Højde saa nøje, at Usikkerheden med Hensyn til de højere Luftlags Temperatur for Højder op til 150—200 km vil blive meget mindre.

Den nævnte Ændring, nemlig fra 220° til 330° K., af den antagne Temperatur i de højeste Luftlag, vilde ikke

[1] Helge Petersen: Phys. Zeitschrift Bd. 28, p. 510—513. 1927.

ændre de følgende Slutningers Rigtighed, men kun enkelte af de anførte Højdeangivelser for »Skallen«.

Og sidst, men ikke mindst, vilde et væsentlig mindre Lufttryk i den højere Atmosfære (omkring 150 km) end her antaget komme i afgjort Modstrid med de foreliggende Kendsgerninger vedrørende Meteorers Hastighed, Lysstyrke m. m. [1]

Disse forskellige Forhold tyder saaledes bestemt paa, at Lufttrykket ikke kan være lavere, men snarere maa antages at være lidt højere end forudsat i »P. R. W.«

Den foran forsøgte Udvej er saaledes ikke farbar. Vi skal derfor undersøge en anden Mulighed.

Vi har hidtil antaget, at »Skallen« laa i en Højde af omkring 130 km. Tænker vi os, at den rykkede op til 250 km, saa vilde Trykket der være saa meget lavere, at det ifølge (3) beregnede Stødtal ikke blev ret meget for stort. Ogsaa denne Udvej er imidlertid spærret. Dels kan man eksperimentelt bestemme »Skallens« Højde, og selv om disse Bestemmelser ikke er meget sikre, er de i hvert Fald gode nok til at vise, at »Skallens« Højde ikke kan være saa stor.

Men hertil kommer, at i saa store Højder (eller udtrykt paa anden Maade: ved saa lave Ilt- og Kvælstoftryk) vil Elektrontætheden forandre sig saa langsomt, at de meget

[1] Ganske vist kræver den af Lindemann og Dobson (Proc. Roy. Soc. (A). Vol. 102, p. 411—437, 1922. Vol. 103, p. 339—442, 1923) opstillede Meteorteori en alt for høj Massetæthed og selv efter den af Sparrow (Astrophys. J. Vol. 63, p. 90—110. 1925) foretagne, meget væsentlige Korrektion af Teorien er dennes Krav til Massetæthed i den højere Atmosfære formentlig for stort. Men det vil paa den anden Side næppe være muligt at forklare Meteorfænomenerne med en mindre Massetæthed end den, hvormed der er regnet i »P. R. W.« Ja det vilde vistnok være ønskeligt, set alene fra Meteorsynspunktet, at have en 2 à 3 Gange saa stor Massetæthed.

udprægede Forskelligheder ved Bølgernes Udbredelse ved Dag og ved Nat, slet ikke vilde kunne komme frem.

Endelig er i saa stor Højde Ilt- og Kvælstoftrykket saa ringe, at den nødvendige Ionisation ikke alene kan stamme fra de der tilstedeværende Ilt- og Kvælstofmolekuler, men for den allerstørste Dels Vedkommende maatte skyldes det tilstedeværende Helium. Men til at fremkalde en saadan Ionisation i Helium er Intensiteten af det ultraviolette Sollys omkring 10^7 til 10^8 Gange for svagt.

Hertil kommer en Række andre Forhold, der viser, at »Skallen« ikke kan ligge saa højt; men de anførte Grunde er formentlig tilstrækkelige.

Da man saaledes hverken kan formindske Elektronernes Hastighed eller Lufttrykket, synes man at staa overfor en uovervindelig Vanskelighed. Der er dog ikke desto mindre en Udvej. C. Ramsauer og andre har nemlig vist [1], at det »Tværsnitsareal«, som Atomerne i de ædle Luftarter Neon [2], Argon, Krypton og Xenon frembyder overfor Sammenstød med Elektroner konvergerer mod Nul, naar den relative Hastighed ved Stødet antager meget smaa Værdier, og netop Værdier af den Størrelsesorden, som det drejer sig om ved de her betragtede Stød.

Med Hensyn til Helium foreligger der endnu ikke afgørende Bevis for, at det samme er Tilfældet, men Forsøgene tyder vel nærmest i den Retning, lige saa vel som det i og for sig vel nok er rimeligt at antage, at denne Luftart i saa Henseende følger de nævnte, ædle Luftarter. [3]

Vi vil derfor forudsætte, at den fri Vejlængde for lang-

[1] Se f. Eks.: J. Franck und P. Jordan: Anregung von Quantensprüngen durch Stösse, p. 20. Berlin 1926.

[2] E. Brücke: Ann. d. Physik, Bd. 84, p. 279—291. 1927.

[3] Direkte Forsøg med saa langsomme Elektroner, som det her drejer sig om (nemlig svarende til ca. $^1/_{86}$ Volt), foreligger formentlig ikke

somme Elektroner i Helium er mellem 18 og 20 Gange saa stor som i Kvælstof ved samme Tryk. Er dette Tilfældet, saa faar Stødtallet netop en saadan Værdi, at den paa Grundlag deraf beregnede Dæmpning for Bølgerne bliver af den rigtige Størrelsesorden.

Vi har saaledes paa naturlig Maade overvundet den nævnte Vanskelighed; men man ser tillige, at den benyttede Udvej ikke vilde føre til Maalet, hvis der i den højere Atmosfære foruden de omhandlede tre Luftarter, Kvælstof, Ilt og Helium, tillige var Brint[1] tilstede i betydelig Mængde. Vi føres derfor til den før nævnte Slutning, at Brintindholdet i disse Højder er lig med Nul. Mod denne Antagelse er der, saa vidt vides, intet der strider.

Man spørger uvilkaarlig: Hvorledes har de mange andre Forfattere[2], der har beskæftiget sig med Spørgsmaalet, stillet sig til den ovenfor behandlede Vanskelighed? Svaret

hverken for Helium eller for andre Luftarter. Det vil vistnok ogsaa være vanskeligt at udføre saadanne i Laboratoriet. Dog er der en Mulighed for, at man ved Hjælp af Laboratorieforsøg med meget korte Radiobølger ($\lambda < 4$ m) kan opnaa betydningsfulde Resultater angaaende langsomme Elektroners Bevægelse i stærkt fortyndet Luft. Der kan i saa Henseende henvises til nogle af H. Gutton og J. Clément udførte, interessante Forsøg (L'Onde électrique, Vol. 6, p. 137—151. 1927). De nævnte Forfatteres teoretiske Behandling af Forsøgsresultaterne er dog formentlig urigtig, se nærmere »P. R. W.« p. 92—94. Hvis denne Metode ikke skulde vise sig anvendelig, frembyder den højere Atmosfære maaske den eneste Mulighed for saadanne Forsøgs Udførelse. Hvis Slutningerne i »P. R. W.« er rigtige, saa viser de korte Bølgers Udbredelsesforhold ikke alene, at Heliumatomets "Tværsnitsareal" nærmer sig til Nul overfor meget langsomme Elektroner, men tillige, at Elektronernes "Ophold" i Heliumatomet eller i dets umiddelbare Nærhed er mindre end $5 \cdot 10^{-8}$ Sekund. I Laboratoriet har det, saa vidt vides, ikke hidtil været muligt at skaffe Klarhed over dette Forhold.

[1] Eller en anden Luftart, der ikke viser Ramsauer-Effekten.

[2] I Løbet af det sidste Par Aar er der skrevet omkring 300 videnskabelige Afhandlinger om det foreliggende Emne.

er for saa vidt meget let. Ingen af disse Forfattere er, saa vidt vides, gaaet saa dybt ind paa Spørgsmaalets fysiske og meteorologiske Side, at de overhovedet er stødt paa denne Vanskelighed. De har hver for sig behandlet en mindre Del af Problemet og derved gjort de Forudsætninger, som gav Resultater, der stemmede med Erfaringerne indenfor det behandlede, begrænsede Omraade, men uden Hensyn til om disse Forudsætninger overhovedet var forenelige med hele det foreliggende Erfaringskompleks, ikke alene vedrørende Radiobølgernes Udbredelse, men ogsaa vedrørende den spektrale Fordeling af Solstraalingen og Forholdene i den højere Atmosfære. [1]

Den eneste mig bekendte Undtagelse herfra danner de af H. Lassen [2] i Løbet af det sidste Aarstid publicerede Afhandlinger, hvor han gaar noget ind paa alle disse Forhold. Men denne Forfatter ser helt bort fra de frie Elektroners Indflydelse, idet han forudsætter, at der i den højere Atmosfære findes rigeligt af fri Brint, og at de frigjorte Elektroner straks fanges ind af de neutrale Brintmolekuler under Dannelse af H_2^--Ioner. Ogsaa han undgaar derved at komme ind paa Spørgsmaalet; men den omtalte Iondannelse er meget lidet sandsynlig og spiller sikkert en meget ringe Rolle. Dette fremgaar bl. a. af Arbejder af W. B. Haines (1915). Ja selv i Kanalstraalerør, i hvilke man iøvrigt finder næsten alle mulige Brintioner rigelig repræsenterede (H^+, H^-, H_2^+, H_3^+) har man først i den allersidste Tid været i Stand til at paavise H_2^--Ioner [3].

[1] Som Eksempel herpaa skal nævnes E. O. Hulburt's Artikel i Phys. Rev. (II), Vol. 29, p. 712, Maj 1927, hvori det siges: Elektrontætheden stiger med Højden og naar en Værdi af omkring 10^5 Elektroner pr. cm^3 i en Højde af 100 miles. Men den nævnte Forfatter kommer iøvrigt ikke nærmere ind paa Spørgsmaalet. Se ogsaa »P. R. W.« p. 237.

[2] »P. R. W.« p. 46 og 184.

[3] Handb. d. Phys. Bd. XXIV, p. 78. 1927.

Lassen's Opfattelse frembyder iøvrigt en Række andre Vanskeligheder, som det dog vilde føre for langt at komme ind paa ved denne Lejlighed, og den kan næppe siges at give Mulighed for en tilfredsstillende Løsning af de foreliggende Problemer.

Vi skal derefter gaa over til at betragte den omhandlede Undersøgelses Relation til et andet Spørgsmaal indenfor Geofysikfens Omraade, nemlig til Teorien for de regelmæssige daglige Variationer i Jordens magnetiske Felt, hvilke Variationer staar i Forhold til Solens og Maanens og Jordens indbyrdes Stilling. A. Schuster [1] har udviklet en Teori for disse Variationer, ifølge hvilken de skyldes Atmosfærens elektriske Ledningsevne, og S. Chapman har i en lang Række Afhandlinger uddybet denne Teori yderligere [2]. Han kommer derved bl. a. til det Resultat, at Atmosfærens totale Ledningsevne skal være omkring $25 \cdot 10^{-6}$ (e.m.e.; cm) for at give en tilfredsstillende Forklaring af de nævnte Variationer.

Schuster-Chapman's Teori giver ikke sikre Holdepunkter for, hvor højt oppe i Atmosfæren denne Ledningsevne skal være lokaliseret, men det antages almindelig, at det ledende Lag ligger i omkring 50 km Højde [3]. Denne Opfattelse er formentlig uholdbar; til Opretholdelse af den omtalte Ledningsevne, der forudsættes at være jævnt fordelt mellem 45 og 55 km Højde, vilde der kræves, at den ultraviolette Straaling fra Solen var omkring 10^9 Gange stærkere, end den kan antages at være [4]. Den omtalte Led-

[1] A. Schuster: Trans. Roy. Soc. (A). Vol. 208, p. 163—204; 1908.

[2] S. Chapman: Trans. Roy. Soc. (A). Vol. 213, p. 279—321; 1913; Vol. 214, p. 295—317, 1914; Vol. 215, p. 161—179, 1915; Vol. 218, p. 1—118, 1919; Vol. 225, p. 45—91, 1925.

[3] Se saaledes: G. Angenheister: Handb. d. Phys. Bd. XV, p. 274. 1927.

[4] Eller udtrykt paa anden Maade: Til Opretholdelse af den nævnte

ningsevne maa i Hovedsagen søges højere oppe, mellem 130 og 200 m Højde.

Men nu melder der sig et nyt Spørgsmaal. Schuster, Chapman og de andre Forskere, der har beskæftiget sig med dette Spørgsmaal, taler ret og slet om elektrisk Ledningsevne. Nu er Sagen imidlertid den, at Atmosfærens elektriske Ledningsevne i en Retning parallel med Kraftlinierne i Jordens magnetiske Felt i Højderne 120, 140 og 160 km er omkring henholdsvis 300, 4000 og 9000 Gange større end Ledningsevnen vinkelret paa Feltets Retning.

Den totale Ledningsevne af Atmosfæren ved Dag, hvormed der er regnet i »P. R.W.«, er $450 \cdot 10^{-6}$ (e. m. e.; cm), naar Maalingen foregaar parallelt med de magnetiske Kraftlinier, men er kun $0.5 \cdot 10^{-6}$ (e. m. e.; cm) maalt vinkelret paa disse[1]. Den af Chapman beregnede Ledningsevne, $25 \cdot 10^{-6}$ (e. m. e.; cm) ligger for saa vidt meget pænt indenfor disse Grænser. Men det vilde være ønskeligt, om Schuster's og Chapman's Teori gjordes til Genstand for en Revison under Hensyntagen til Atmosfærens vidt forskellige Ledningsevne i forskellige Retninger.

Det er formentlig ikke urimeligt at antage, at denne Ejendommelighed hos Atmosfærens elektriske Ledningsevne vil kunne bidrage til at forklare nogle af de magnetiske Ejendommeligheder, som man møder i de polare Egne.

Af astrofysiske Problemer, til hvis Løsning Radiobølgernes Udbredelsesforhold maaske vil blive i Stand til at

Ledningsevne i den nævnte Højde vilde der kræves en Energitilførsel, der var flere Gange Solens totale Udstraaling, naar Solen regnes som et sort Legeme med en Temperatur af 6000° K. En Opretholdelse af den nævnte Ledningsevne gennem en korpuskulær Straaling fra Solen maa derfor formentlig ogsaa anses for udelukket.

[1] $450 \cdot 10^{-6}$ (e. m. e.; cm) svarer til Ledningsevnen i en 7 mm tyk Kobberskal.

yde et Bidrag, skal nævnes Størrelsen af den af den meget gennemtrængende, kosmiske Straaling og af Stjernernes ultraviolette Straaling fremkaldte Ionisation. Den første Art af Ionisation er nemlig afgørende for Dæmpningen af meget lange Bølger. Den sidste er i Hovedsagen Aarsagen til, at lange Radiobølger er mere dæmpede ved Vinterdag end ved Sommerdag.

Der kan næppe være Tvivl om, at Kendskab til Radiobølgernes Udbredelsesforhold og Teorien herfor vil blive et af de mest effektive Hjælpemidler i Studiet af den højere Atmosfære, dens Sammensætning, Tryk, Temperatur og elektriske Ledningsevne, selv om det maaske nok er muligt, at man fra radioteknisk Side i nogen Grad er tilbøjelig til at overvurdere Sikkerheden af de dragne Slutninger og derfor ogsaa Betydningen af dette Hjælpemiddel.

Forelagt paa Mødet den 4. November 1927.
Færdig fra Trykkeriet den 19. December 1927.

MATHEMATISK-FYSISKE MEDDELELSER

UDGIVNE AF

DET KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB

6. BIND (Kr. 17,00):

Kr. Ø.

1. Nielsen, Niels: Sur l'opération itérative des Équations de Lagrange. 1924 ... 3.10
2. Urey, H. C.: On the Effect of perturbing Electric Fields on the Zeeman Effect of the Hydrogen Spectrum. 1924 ... 0.65
3. Bøggild, O. B.: On the Labradorization of the Feldspars. With one plate. 1924 ... 3.00
4. Pedersen, P. O.: Om elektriske Gnister. II. Eksperimentelle Undersøgelser over Gnistforsinkelse og Gnistdannelse. Med 7 Tavler. 1924 ... 4.30
5. Juel, C.: Über Flächen von Maximalindex. 1924 ... 1.25
6. Nielsen, Niels: Sur une Équation de Lagrange. 1924 ... 1.25
7. Hevesy, G. de: Recherches sur les propriétés du Hafnium. Avec 2 planches. 1925 ... 6.25
8. Bohr, Harald: Neuer Beweis eines allgemeinen Kronecker'schen Approximationssatzes. 1924 ... 0.50
9. Bjerrum, Niels and Ebert, Ludwig: On some recent Investigations concerning Mixtures of Strong Electrolytes (Transference Numbers and Amalgam Equilibria). 1925 ... 0.75
10. Landau, Edm.: Die Ungleichungen für zweimal differentiierbare Funktionen. 1925 ... 1.60

7. BIND (Kr. 17,70):

1. Bohr, Harald: Unendlich viele lineare Kongruenzen mit unendlich vielen Unbekannten. 1925 ... 1.40
2. Hartmann, Jul., and Trolle, Birgit: On Beat-phenomena in Cylindrical Tubes exposed to Sound-waves. With three plates. 1925 ... 2.85
3. Pauli, W. jr.: Ueber die Intensitäten der im elektrischen Feld erscheinenden Kombinationslinien. 1925 ... 0.65
4. Hardy, G. H. and Littlewood, J. E.: A theorem concerning series of positive terms, with applications to the theory of functions. 1925 ... 0.90
5. Steffensen, J. F.: On a Generalization of Nörlund's Polynomials. 1926 ... 1.00
6. Hartmann, Jul., and Trolle, Birgit: New investigation on the air jet generator for acoustic wawes. 1926 ... 2.40
7. Mollerup, Johs.: Sur l'approximation d'un nombre irrationnel par des carrés rationnels. 1926 ... 0.80
8. Nielsen, Niels: Sur certains développements d'une fonction holomorphe. 1926 ... 0.75

		Kr. Ø.
9.	BJERRUM, NIELS: Untersuchungen über Ionenassoziation. I. Der Einfluss der Ionenassoziation auf die Aktivität der Ionen bei mittleren Assoziationsgraden. 1926	2.00
10.	NIELSEN, NIELS: Recherches sur les fonctions cylindriques et sur certaines fonctions analogues. 1926	1.35
11.	HEVESY, G.: On the Missing Element 87. 1926	0.60
12.	KUHN, W.: Die Stärke der anomalen Dispersion in nicht leuchtendem Dampfe von Thallium und Cadmium. 1926	3.75
13.	SUGIURA, Y. and UREY, H. C.: On the Quantum Theory explanation of the Anomalies in the 6th and 7th Periods of the Periodic Table. 1926	1.15
14.	BURRAU, ØYVIND: Berechnung des Energiewertes des Wasserstoffmolekel-Ions (H_2^+) im Normalzustand. 1927	0.90
15.	KNUDSEN, MARTIN: The Hot-wire Manometer. 1927	0.80
16.	JUEL, C.: Om v. Staudt's Definitioner. 1927	0.85
17.	PÓLYA, G.: Über die algebraisch-funktionentheoretischen Untersuchungen von J. L. W. V. Jensen. 1927	1.40

8. BIND (under Pressen):

1.	HILLE, EINAR: On the Logarithmic Derivatives of the Gamma Function. 1927	2.40
2.	RASCH, G.: Beitrag zur Theorie der unvollständigen Gammafunktionen. Nach hinterlassenen Papieren von J. L. W. V. Jensen. 1927	0.85
3.	KNUDSEN, MARTIN: Thermal Molecular Pressure in Tubes. 1927	1.50
4.	PEDERSEN, P. O.: Den højere Atmosfæres Sammensætning, Tryk, Temperatur og elektriske Ledningsevne i Belysning af Radiobølgernes Udbredelsesforhold. 1927	0.60